

## Урок №2 (15.01.2008)

### Интерференция и дифракция. Оптические эффекты. Решение задач.

#### 1. Дифракция Френеля.

В начале 1817 года Парижская академия наук выдвинула на премию задачу о дифракции. При этом сама формулировка задачи подразумевала, что явление дифракции получит свое объяснение в рамках корпускулярной теории света. Да и из пяти членов комиссии трое (Пуассон, Био и Лаплас) были убежденными сторонниками корпускулярной теории света, и только Араго придерживался волновой. Пятый член комиссии Гей-Люссак не был компетентен в рассматриваемом вопросе, но был известен исключительной честностью. В 1818 году Френель представил в Академию в запечатанном конверте (так как конкурс был анонимным) под девизом "Nature simplex et fecunda" ("Природа проста и плодотворна") "Записку о теории дифракции". В этой записке он описывает многочисленные опыты и измерения по дифракции, результаты которых объясняет, используя принцип, известный ныне как принцип Гюйгенса-Френеля, то есть на основе волновой теории. При обсуждении работы Пуассон обратил внимание на то, что из теории автора записки вытекает вывод, который как будто противоречит здравому смыслу: в самом центре тени, отбрасываемой небольшим диском, должно находиться светлое пятно.

Но вернемся в Парижскую академию наук. После выдвинутого Пуассоном возражения другой член комиссии Араго тут же произвел опыт, и оказалось, что пятно действительно есть. В результате работа под девизом "Природа проста и плодотворна" (то есть работа Френеля) получила заслуженную премию, а волновая теория - всеобщее признание. Светлое пятно в центре тени носит название пятна Араго-Пуассона или просто пятна Пуассона. Отметим, что светлое пятнышко в центре тени в 1715 году (почти за 100 лет до появления работы Френеля) наблюдал Деллиль, но его наблюдения не привлекли внимания, так как они не были связаны с какой-либо теорией.

Дифракционные явления можно наблюдать на отверстиях, у которых  $d \sim r_1$ , т.е. на расстояниях  $L \sim d^2/\lambda$ . При размере преграды  $\sim 0,5$  мм и длине волны 500 нм, по-

$$\text{лучим } L = \frac{(5 \cdot 10^{-4})^2}{5 \cdot 10^{-7}} = 0,5 \text{ м.}$$

Здесь ещё неплохо подумать о том, как именно будет выглядеть зависимость яркости света в точке  $P$  от расстояния от экрана до отверстия.

#### 2. Интерференционные и дифракционные эффекты.

##### Интерференция в тонких плёнках.

- Отражение от плоскопараллельных пластинок («нефтяные пятна»).
- Кольца Ньютона.
- Интерференция на клине.
- Осветление оптики.

При отражении света от среды с большим показателем преломления его фаза изменяется на  $\pi$ , т.е. оптическая длина хода теряет  $\lambda/2$ .

#### 3. Задачи.

1. Волосок диаметром  $d$  попал между двумя плоскопараллельными стеклянными пластинами. Свет с длиной волны в воздухе  $\lambda$  падает (и наблюдается) перпендикулярно пластинкам. Наблюдатель видит серию светлых и темных полос. Сколько полос увидит наблюдатель?

##### Решение.

Тонкой плёнкой в данном случае служит воздушный клин между двумя стеклянными пластинами. Из-за изменения фазы при отражении от нижней поверхности

тёмные полосы соответствуют разности хода  $0, \lambda, 2\lambda$ , и т.д. Так как световые лучи перпендикулярны пластинам, разность хода равна  $2l$ , где  $l$  – ширина зазора между пластинами в данном месте. Следовательно тёмные полосы наблюдаются там, где  $2l = m\lambda$ ,  $m = 0, 1, 2, 3, \dots$ , а светлые – там, где  $2l = (m + 1/2)\lambda$ . В том месте, где находится волосок  $l = d$ . Наблюдатель увидит, таким образом,  $m = [2d/\lambda]$  тёмных полос.

2. Мыльный пузырь кажется зеленым ( $\lambda = 540$  нм) в точке, ближайшей к наблюдателю. Какова его минимальная толщина? Предположим, что  $n = 1,35$ .
3. Чему равна толщина оптического покрытия из  $MgF_2$  ( $n = 1,38$ ), предназначенного для гашения света в окрестности длин волн 550 нм при нормальном падении на стекло с  $n = 1,50$ ?
4. На отверстие радиуса  $r$  падает перпендикулярно его плоскости плоская синусоидальная волна. Длина волны  $\lambda \ll r$ . Интенсивность волны по оси отверстия периодически меняется. На каком расстоянии от его центра находится последний максимум?
5. На экран, имеющий круглое отверстие, падает параллельный пучок света. Радиус отверстия совпадает с радиусом центральной зоны Френеля для точки  $A$ . Используя графический метод, определите, во сколько раз интенсивность света от центральной зоны больше интенсивности света, приходившего бы в эту же точку, если бы не было экрана.
6. В опыте Юнга одна из щелей закрывается тонкой стеклянной пластинкой, в результате чего интерференционная картина смещается на пять полос. Какова толщина пластинки  $h$ , если длина волны излучения –  $\lambda$ ? Показатель преломления стекла –  $n$ .
7. Плоско-выпуклая стеклянная линза с радиусом кривизны  $R$  соприкасается выпуклой поверхностью со стеклянной пластинкой. При этом в отраженном свете радиус некоторого кольца  $r_0$ . Наблюдая за этим кольцом, линзу осторожно отодвинули от пластинки на  $\Delta h$ . Каким стал радиус этого кольца?
8. Определить фокусное расстояние  $f$  зонной пластинки для света с длиной волны  $\lambda$ , если радиус пятого кольца этой пластинки равен  $r_5$ . Определить радиус первого кольца этой пластинки.